

Comunicación AI-6

¿SUPERCÉLULA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA?

José Luis Camacho Ruiz

Servicio de Teledetección del INM

Estrella Gutiérrez Marco

Servicio de Sistemas Informáticos del INM

RESUMEN

El día 15 de junio de 1992, se produjo en la Comunidad Valenciana una situación de tormentas que afectó a amplias zonas de las tres provincias. Los ecos observados por el radar de Cullera, se organizaron según un vórtice ciclónico de tamaño mesoescalar. En su parte delantera se creó una potente estructura celular, con ecos superiores a 60 dBZ y con una organización relativamente compleja. Una confrontación entre las características observadas por el radar en las supercélulas y las que se produjeron en la tormenta nos permitirá responder a la pregunta del título.

1. Introducción

El estudio de tormentas puede llevarse a cabo desde diversos puntos de vista. Uno de los más utilizados es el uso de modelos conceptuales para «reconocer» un determinado comportamiento de una estructura y poder determinar su evolución en términos generales. Es una aproximación que obliga a tener un conocimiento predeterminado de la «dinámica» del sistema. Para el reconocimiento, sin embargo, nos vemos constreñidos a utilizar datos «microfísicos» relacionados con el tipo de precipitación y con el tamaño de gotas y datos «cinemáticos» procedentes de las medidas de viento radial Doppler. Este hecho fijará las limitaciones del estudio.

Vamos a utilizar definiciones de tipo de tormenta según aparece en el capítulo 24 a (Ray) de RADAR METEOROLOGY (Atlas, 1991) entre pequeñas variantes que aparecen en otras publicaciones.

2. Tipos de tormentas. La supercélula

Podemos clasificar las tormentas en células simples, multicélulas, supercélulas, líneas de turbonada, y complejos convectivos a mesoescala. Existen solapamientos entre ellas y hay otros fenómenos a los que se designa vagamente como Sistemas Convectivos de Mesoescala que engloban muchas categorías.

De estos sistemas, la supercélula presenta unos límites de clasificación más precisos según diversos autores. El ambiente en que se desarrolla está caracterizado por fuerte cizalladura horizontal del viento en las capas bajas, variación del vector cizalladura del viento con la altura e inestabilidad convectiva importante. También es importante la presencia de mucha humedad en las capas bajas, normalmente confinada bajo una inversión poco potente dando origen a inestabilidad potencial.

Está asociado a granizos de gran tamaño, fuertes vientos en superficie, tornados de larga duración, intensa circulación vertical (25-50 m/s) en ascensos y descensos, y períodos largos de tiempo: 1 a 6 horas. Su génesis es variada, pudiendo comenzar como tormenta multicelular o desarrollarse en el extremo de una línea de turbonada. Suele moverse hacia la derecha del viento medio en niveles 850 ó 700 mb.

Una característica muy importante es la presencia de un vórtice ciclónico en niveles medios o mesociclón. Éste se origina en un ambiente de fuertes ascendencias asociado con cambios en la dirección del viento con la altura, originando inclinación y rotación de las corrientes ascendentes y su acople con las corrientes descendentes de manera que el sistema no se autodestruye como ocurre en otros sistemas celulares. Browning (1964, 1965) le llama, de manera muy adecuada, la «tormenta rotante».

Las características de los ecos radar primarios son parecidas a las de una multicélula en sus primeras fases. Aparece una región de alto gradiente de reflectividad en un flanco que tiende a formar una cavidad. Es la Región de Eco Débil (RED) o WER en inglés. Conforine se acentúan los movimientos verticales y la rotación, la concavidad se transforma en un gancho (una «firma» clásica de las zonas con riesgo de tornados) y una región de eco más intenso puede ser observada por encima de la RED. Ésta se transforma en una Región de Eco Débil Cubierta (REDC) o BWER en inglés. En su parte inferior existe una importante corriente vertical. La parte superior o zona cubierta corresponde a importantes cantidades de hidrometeoros sostenidos por la corriente ascendente. Las reflectividades máximas son altas debido a la presencia de granizo grande y de gotas de gran tamaño o de una mezcla de ambas. Debido a las intensas ascendencias se observan fenómenos de *overshooting* o sobrepasamiento del nivel de la tropopausa. Las cimas de los ecos suelen estar algunos kilómetros por encima del resto de células desarrolladas en la misma masa de aire.

3. Situación general. Observaciones de tierra y aerológicas

A las 12 Z del día 15, la superficie de 500 mb muestra una DANA centrada en el sur de la Península con la isoterma de -16 abrazando gran parte de ella incluyendo el levante. Esta depresión llevaba varios días afectándola. En 850 mb existe depresión con una entrada de aire frío desde el Atlántico y afectando sobre todo al sur. Las temperaturas aparentemente más altas corresponden a Cataluña. En superficie, existen durante este día diversos centros depresionarios afectando a la Península y alrededores, pero con tendencia a trasladarse hacia el Mediterráneo con ligera subida de la presión en la zona atlántica. Esto se corresponde con el traslado de la DANA hacia el este.

Las imágenes de satélite Meteosat a las 12 Z muestran en VIS un arco de nubosidad identificable como cúmulos desde Mallorca hasta Castellón atribuido a una zona de convergencia que aparece al realizar el análisis de los SYNOP de esa hora.

En la Comunidad Valenciana abunda la nubosidad alta y media. Dos tormentas en fase de disolución aparecen en la zona de Denia-Oliva. Zonas de cúmulos

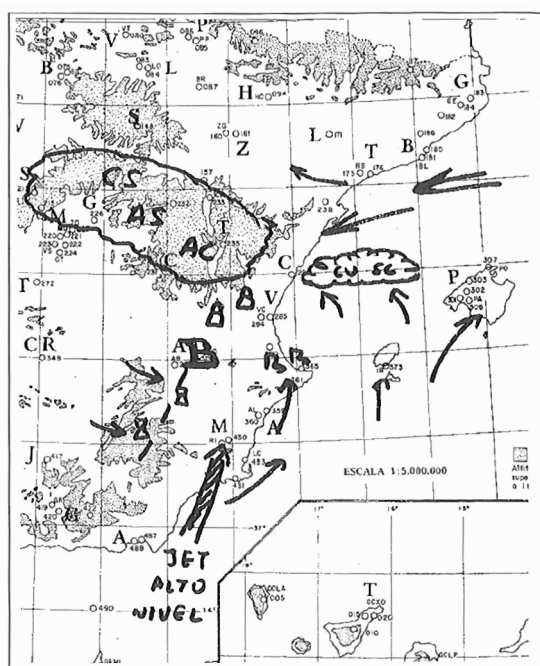


Fig. 1. Mapa de superficie representando sistemas de precipitación y flujos en niveles bajos para las 12 Z del 15 de junio de 1992

potentes aparecen en el interior montañoso de la provincia de Valencia, pudiendo ser el origen del sistema a estudiar. De la comparación de las imágenes de WV de las 12 y las 18 Z parece deducirse un avance del vórtice en altura desde Andalucía hasta Murcia. Este avance estaba asociado al movimiento del sistema de tormentas en el SE de la Península, y estaría situado en la parte delantera de la DANA.

El radiosondeo de Murcia de las 12 Z, muestra aire muy frío a todos los niveles, con índices de inestabilidad convectiva sorprendentemente bajos ($K = 20,1$, $TT = 41,5$) debido a la presencia de una capa seca a 850 mb y debajo de una inversión.

Ensayos de calentamientos moderados en superficie daban como resultado la formación de convección profunda hasta 9-10 km de altura. Una pequeña inodificación por calentamiento o por ascenso forzado en capas bajas en zonas en las que la humedad fuera ligeramente superior podría dar lugar a cumulonimbos.

Se aprecia viento del S ó SSW aumentando desde 20 nudos a 800 mb hasta 85 kt entre 350 y 250 mb. Las observaciones de tierra dan sur o suroeste de 15 kt en Murcia y Alicante. En Valencia y Castellón en cambio, sopla noreste de 10 kt.

A las 15 Z, las observaciones de tierra delimitan un centro de baja de 1 009 mb en el centro del triángulo Albacete-Alicante-Valencia. A las 18 Z, ya no se aprecia ese vórtice aparentando un rellenado de él. No se aprecia un contraste claro de humedad y temperatura a ambos lados del sistema convectivo principal. Sí aparece cizalladura horizontal en el viento en niveles bajos.

Las cantidades recogidas desde 6 a 18 Z fueron de 63 l en Valencia, 11 l en Manises, 45 l en Albacete-Los Llanos y 6 l en Castellón. Vistas las imágenes radar, esto prueba que existieron gradientes muy grandes en el mapa de precipitaciones acumuladas.

4. Observaciones radar

El estudio de esta estructura está basado en los volúmenes polares en modo normal convertidos en cartesianos de una forma más eficiente de la que se disponía en el CMT de la Comunidad Valenciana en la fecha que se produjo. Se dispone asimismo de las imágenes PPI Doppler de reflectividad y viento. Los datos han sido generados nuevamente mediante los criterios de umbral de ecos de tierra superiores a 21 dBZ y *echotop* y *Hmax* con umbral superior a 24 dBZ según normas vigentes en el proceso de los radares de Banda S (véanse los Boletines internos ST). Es por ello que este caso no pudo ser correctamente observado desde el CMT de Valencia en la fecha en que ocurrió, al realizarse con posterioridad estas mejoras. Las elevaciones mínimas en ambos modos corresponden a 0,9°.

Los ecos observados son intensos por lo que serán superiores a la posible contaminación residual de los ecos de tierra. Del estudio de la máscara de ecos (Nota tec. ST), se deduce que existe menor «visión» en las cercanías de Valencia que en las cuencas del Palancia y Mijares, pudiendo aceptar como buenos los datos radar sobre estas zonas.

Los datos disponibles presentan algunas discontinuidades, obteniéndose una aceptable secuencia de imágenes desde la 15:20 Z cada 10 minutos en modo normal y desde las 15:27 Z cada 10 minutos en modo Doppler.

4.1. Visión General

En la secuencia de PPI modo normal, se observa desde el principio una alineación de células sobre la ciudad de Valencia con movimiento lento hacia el norte, células poco intensas y de corta vida sobre el mar balear al norte de Ibiza con movimiento hacia el noroeste respondiendo inicialmente a la línea de convergencia y posteriormente a la llegada del borde de ataque de la DANA al mar. Se observa también un alineamiento de células en la parte delantera del sistema nuboso en Albacete, moviéndose hacia el este. El conjunto parece regido por una circulación ciclónica a inesoescala correspondiendo a la baja observada en superficie. El núcleo de esta circulación aparece claramente alrededor de las 15:40 Z al este

de la ciudad de Albacete. La nubosidad asociada a este núcleo da origen a células dispuestas como línea de turbonada. En cambio, la nubosidad asociada al cuadrante noreste de la baja sobre Valencia y Castellón, muestra características de una dinámica más lenta y de mayor escala, observándose zonas de precipitación convectiva y estratiforme claramente diferenciadas. La parte convectiva está asociada a la zona cercana a la costa, quedando en el Sistema Ibérico una parte de sistema con convección más amplia y zonas de precipitación claramente estratiformes.

4.2. El sistema convectivo en detalle

Alrededor de las 14:00 Z, existía una alineación de células desde la ciudad de Valencia y a lo largo del valle del Tiirra.

Los máximos de reflectividad estaban próximos o alrededor de 60 dBZ sobre Valencia con tendencia a incrementarse paulatinamente. Las cimas de los ecos sólo alcanzaban los 10 km con tendencia a aumentar (no es fiable la observación sobre la ciudad por la máscara de ecos). Estas alturas están de acuerdo con los topes calculados mediante el radiosondeo de Murcia.

Se aprecia un movimiento muy lento hacia el norte. La altura de los máximos los muestra cercanos al suelo excepto en la parte trasera debido a la cizalladura de viento, dándole al eco un aspecto ligeramente abalconado hacia atrás. En esta fase el eco podía caracterizarse más como una «alineación» de zonas de precipitación en algunos puntos bastante intensa, con cimas de ecos por debajo de una tormenta violéita, sin síntomas de severidad por falta de aparición de ecos intensos (superiores a 48 dBZ), altos y con movimiento lento. Podría responder a algún modelo de línea de turbonada con una célula muy intensa en su margen derecho sobre la ciudad de Valencia.

Alrededor de las 15:30 Z, los ecos son de intensidad parecida. En el PPI modo Doppler se observan 63:8 dBZ a las 15:27, si bien las intensidades se reducen a alrededor de 58 dBZ en los 20 minutos siguientes. Las cimas de los ecos superan los 11 km, alcanzando puntualmente los 13,8 km al noroeste de Sagunto. En los volúmenes cartesianos se aprecian sobre esta zona efectos de la máscara de ecos de tierra en forma de bruscos y anómalos gradientes de reflectividad. En la ampliación del PPI se observa cómo la alineación de células cercanas a Segorbe muestran características similares a la línea observada una hora antes. En cambio, la célula cercana a Sagunto es más activa tanto en intensidad como en gradientes de reflectividad y en velocidad de cambio.

El campo de viento radial en la zona media del Palancia alrededor de las 15:30 Z, muestra una zona de convergencia alineada con otra de divergencia que estaría asociada a la dinámica del alineamiento de células sobre este río. La zona de la célula cercana a Sagunto muestra en cambio alternancias de acercamientos y alejamientos inrostrando vórtice ciclónico en la parte cercana al mar y anticiclónico en el opuesto. Esta circulación, junto con la presencia puntual de ecos muy altos y máximos no alineados en vertical y a alturas de 6-7 km, demuestra la presencia de una célula muy activa, con cizalladura vertical y rotación alrededor de las 15:30 Z.

Debido a las diferencias observadas en los valores de reflectividad en el Doppler y el normal, tomamos como más aproximadas las del primero por presentar un campo más coherente y tener eliminados los ecos de tierra de manera más eficaz.

La imagen Doppler de las 16:17 Z muestra el eco principal en la zona Vall d'Uxo-Moncófar. Las reflectividades están entre 55 y 60 dBZ. Hacia el NO, se extiende una alineación de eco menos intensos. En la imagen de viento, se aprecia convergencia muy marcada en el borde delantero del eco próximo a la costa, un poco por delante de la zona de gradiente fuerte de Z. Continúa observándose convergencia por delante del eco alineado, divergencia en la zona de mayor eco y convergencia detrás, si bien empieza a desorganizarse en su zona central, originándose vórtices. La cima de los ecos continúa siendo superior en la célula cercana a la costa, con 13,8 km aislados sobre 11,8 de nivel principal sobre ella. En el resto de la alineación se alcanzan 9,8 km.

A las 16:30, la cima de los ecos alcanza los 15,8 km sobre esta célula en dos *yixeles* alineados N-S sobre Vall d'Uxó. Al este, existía otra «cabeza» de 13,8 km. Esto implica una penetración en la estratosfera de casi 6 km.

A las 16:40, una zona de ecos máximos próximos a los 7 km indicaría la zona superior de la REDL. Esto es visible de manera poco clara en el volumen cartesiano normal debido a las razones ya citadas.

A las 16:47, el PPI Doppler muestra dos núcleos con reflectividades superiores a 60 dBZ en la zona de Nules y en la cuenca baja del río Seco. Estos dos núcleos están separados por una RED de unos 20 dBZ más débil. En el núcleo del sur se observan 67,2 y 70 dBZ en dos *yixeles* de un total de 5. En el del norte hay 6 *yixeles* de 65,8 dBZ de un total de 7 (1 *pixel*, 1 km²). El alineamiento de ecos del conjunto del sistema desaparece, observándose una estructura de arcos en su lugar. En la imagen PPI de viento, se observa un vórtice ciclónico a mesoescala (VCM) que coincide con el centro o el margen de la RED. Se observa también un vórtice anticiclónico junto al margen exterior de la zona norte de alta reflectividad. Desgraciadamente, la imagen de las 16:50 Z en modo normal tiene fallos de calidad que aconsejan no usarla. Utilizando ambos PPI Doppler, sin embargo, y los datos en modo normal de las 16:40, vemos que la célula cumple con el modelo radar sencillo correspondiente a Browning y Ludlam (1962) y a Chisholm y Renick (1972). Ahora bien, si examinamos el modelo de supercélula más preciso propuesto por Lemon y Doswell (1979), con DOS importantes descendencias que vendrían asociadas con importante precipitación junto al suelo, una región de eco débil asociada a la ascendencia principal y un VCM entre la ascendencia y la descendencia del sur, vemos que con los datos disponibles pueden asimilarse las imágenes de las 16:47 a este modelo conceptual.

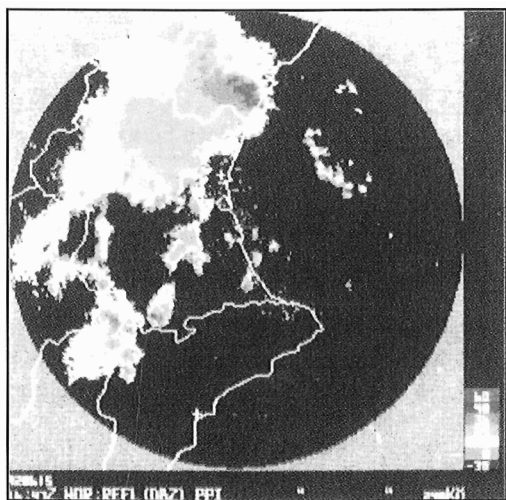


Fig. 2. Imagen PPI Doppler correspondiente a las 16:47 Z. Se aprecian los dos núcleos de reflectividad superior a 60 dBZ y una zona de eco débil entre ellas características de la supercélula

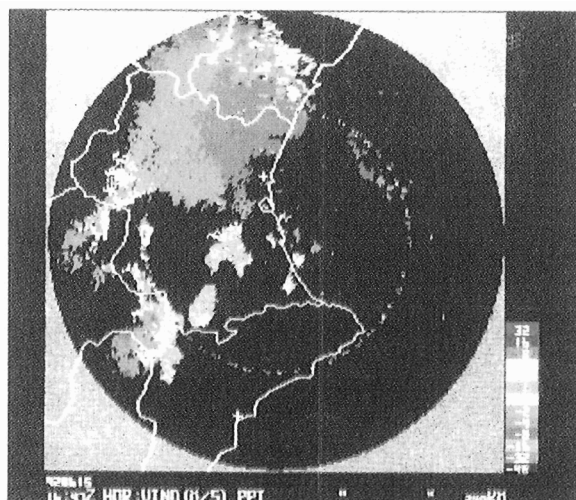


Fig. 3. Imagen PPI Doppler de viento radial a las 16:47 Z. Se observan las rotaciones ciclónicas y anticiclónicas correspondientes a los vórtices a mesoescala asociados a las supercélulas

A las 16:57, se observa que sólo queda un núcleo de reflectividad superior a 60 dBZ, el del norte, ahora posicionado cerca de Almazora y viajando a una velocidad de alrededor de 10 km/h. Los valores máximos superan en poco los 63 dBZ. El núcleo del sur, se ha debilitado mucho y queda entre ambos una RED anular. El viento en la zona del núcleo norte muestra zonas de divergencia y zonas de vórtice anticiclónico. Más al norte se aprecia un vórtice ciclónico cercano a Castellón, en la probable zona de alimentación de la tormenta.

A las 17:07 cambia de estructura con una única zona de gran reflectividad (hasta 67,8 dBZ), zonas de salida del flujo descendente y vórtice ciclónico en el flanco este o sureste. La RED aunque poco clara quedaría en el flanco este de la tormenta, parcialmente enmascarada por los restos del núcleo del sur. Continúa observándose la zona de convergencia en el borde de ataque del sistema completo.

El volumen cartesiano modo normal de las 17:10 muestra una amplia zona con cimas de ecos a 15,8 km, y ecos altos y potentes en el núcleo sobre la zona de Almazora. A las 17:17 continúa observándose la estructura anterior si bien los ecos no son tan intensos. A las 17:27 hay un decaimiento general del nivel de eco, confirmado por el descenso en el nivel de la cima de los ecos a las 17:20 y 17:30 en modo intensidad. En el campo de viento se observa una estructura asociada con el flujo divergente de salida que genera una zona de convergencia con el flujo principal al sur de la célula. Se aprecian menos los vórtices, perdiendo rotación el flujo en niveles bajos. Continúa la zona de convergencia al norte del SCM. Se puede concluir que el sistema entra en su fase terminal sobre las 17:20. La imagen de las 17:37 mostrando un descenso muy acusado en la reflectividad y en las rotaciones confirma este hecho.

5. ¿Supercélula?

Si atendemos a la presencia de una RED o incluso una REDL en las imágenes radar, al nivel altísimo de Z alcanzado: 70 dBZ, que estaría asociado a grandes granizos, al cambio de viento en el plano horizontal en el borde de ataque del SCM entre el flujo procedente del mar y el flujo general director del sur, a la inclinación de las columnas de reflectividad indicando la presencia de cizalladura vertical importante, todo ello indicaría que estamos en presencia de una supercélula. Pero el dato más importante para confirmarlo es la estructura del viento. La célula generada en el extremo marginal del SCM presenta rotaciones ciclónicas y anticiclónicas que son asociables al modelo conceptual de «tormenta rotante» que, creemos, debe ser la característica fundamental de la supercélula. Es por ello que a pesar de que la duración del fenómeno es de una hora si se toma como inicio las 16:10 y como final las 16:20, la opinión de los autores es que la respuesta a la pregunta que da título a este trabajo debe ser afirmativa.

6. Conclusiones

Estamos en presencia de una supercélula, si bien, y con los pocos datos disponibles a falta de estudios posteriores, no parece responder claramente al ambiente propicio para su desarrollo.

El sistema convectivo del que forma parte presenta una estructura que parece asemejarse a algunos tipos de línea de turbonada de movimiento lento.

Los gradientes de viento, reflectividad y precipitación en este caso son elevados y ocupan muy pequeñas áreas. Es necesario desarrollar algoritmos para la detección cuasi automática de fenómenos severos o precipitaciones intensas, así como optimizar la operación y el proceso del dato radar para ayudar al predictor.

Referencias

Atlas, D., ed., *Radar in Meteorology*, A. M. S., Boston.

Browning, K. A. and F. H. Ludlam, 1962: «Airflow in convective storms». *Quart. Jour. Met. Soc.* Vol. 88, pp. 117-135.

Browning, K. A., 1964: «Airflow and Precipitation Trajectories within Severe Local Storms with Travel to the Right of the Winds». *J. Atmos. Scien.* Vol. 21, pp. 634-639. INM. Aspectos básicos de Mesometeorología. Publicación interna.

Lemon and Doswell, 1979: «Severe hailstorm evolution and mesocyclone structure as related to tornadogenesis». *Mon. Wea. Rev.* 107, pp. 1184-1197.

ST, 1992: ((Estudio de ecos de tierra del radar de Cullera)). Publicación SRS-RAD-1/11-92.